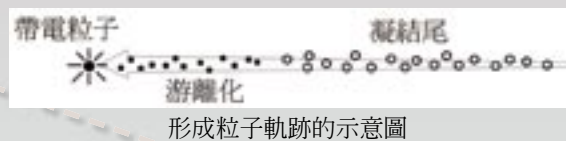


自製雲霧室觀察宇宙射線

文／蕭先雄、陳秋民

前言

20世紀初，基本粒子的研究成為物理學中的一個重要項目，但是在當時，要觀察到粒子的存在有其困難性。1911年，英國的科學家威爾遜(Charles Wilson, 1869~1959)發明了雲霧室(Cloud Chamber)，他用機器的方式把容器的體積瞬間膨脹，讓容器中的水蒸氣達到過飽和的狀態，宇宙射線裡的帶電粒子經過時，會游離掉氣體分子，過飽和水蒸氣就很容易在離子附近凝結，因此在經過的粒子軌跡上形成小水珠，從而顯示出粒子運動的路徑，物理學家利用其結果來測量粒子的能量和速度。



威爾遜雲霧室是科學上最早建造的粒子軌跡探測器，對於粒子物理學的發展起了很大的作用，諸如正電子， μ 子等許多基本粒子，都是在觀察宇宙射線時，藉由拍攝它們在雲霧室裡的運動軌跡而發現的，威爾遜也因此在1927年獲得諾貝爾物理獎。

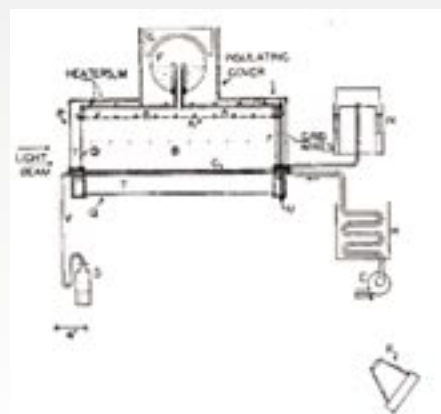


威爾遜雲霧室

以下我們要介紹的雲霧室，其原理有別於威爾遜膨脹式的雲霧室，是1936年由美國的物理學家Alexander Langsdorf[1]利用揮發性液體的蒸氣密度不均勻時的擴散現象，發展出來的，也一樣可以觀察到粒子的軌跡，而且可以連續地看到粒子的軌跡，反觀威爾遜的雲霧室，只有在膨脹的瞬間才能觀察。當雲霧室在60年代，漸漸被其他探測器取代後，這種擴散式的雲霧室被加以改良，使得製作及操作皆容易，同時價格也可以很便宜。最近，開始廣泛的應用在科普教育[2]及高中與大學的課堂教學裡。

擴散式雲霧室的原理

在一個密閉容器的上部儲有酒精液體，酒精會蒸發向下擴散，並達到飽和。如果把容器底部的溫度降低，底層酒精的蒸氣壓就會小於容器內上層的酒精蒸氣壓，因此酒精蒸汽被壓力差推動向下移，到達底層就會再凝結成酒精，上層酒精因此不斷地



Alexander Langsdorf擴散式雲霧室



蒸發向下擴散，底部的酒精蒸氣不斷地累積，密度會變大，在液面之上大約幾釐米到幾公分的厚度裡，就會達到過飽和的狀態了。在此空間中稍微有一點小微粒便會使酒精凝結上去，當高速的宇宙射線通過時，使得在所經過的路徑上的空氣離子化，酒精蒸氣便很容易附著在上面，形成一條白色的絲線，猶如飛機在高空中飛行時所形成的凝結尾。

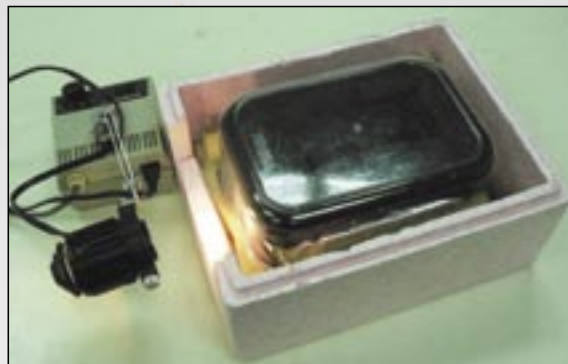
實驗裝置

製造雲霧室所需的材料，依降溫的方式而異，目前成功觀察到宇宙射線的雲霧室，分別是使用液態氮、乾冰[3]及熱電致冷晶片[4]等三種降溫的方式。以下是裝置的示意圖，其中最容易製作的是乾冰

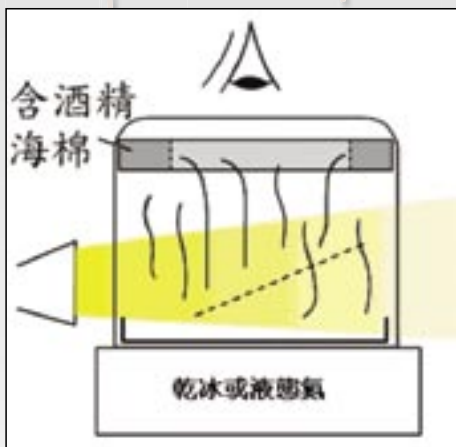
製作完成的三種擴散式雲霧室



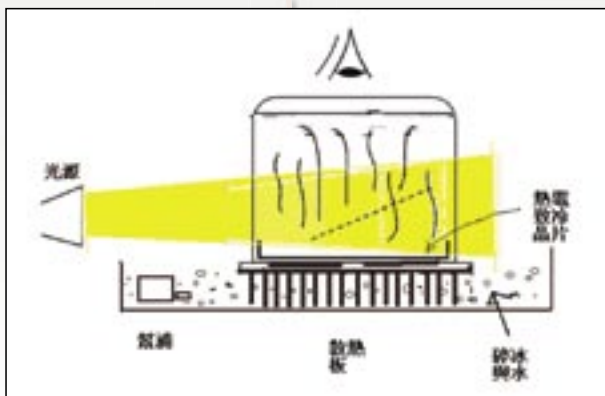
液態氮式



乾冰式



乾冰式與液態氮式雲霧室示意圖



熱電致冷晶片式雲霧室



熱電致冷晶片式





上圖是從乾冰式雲霧室[3]裡所拍攝到的宇宙射線軌跡，長度從1公分到10公分都有，因為內部空氣對流的影響，使得軌跡呈現彎曲情形。

式的裝置，其製作方法在物理雙月刊[3]裡有詳細的說明。

結論

同樣是擴散式的雲霧室，東吳大學物理系於2006年的物理教學示範研討會中，展示以液態氮來冷卻的雲霧室，但液態氮對於一般的中學老師而言，取得不易。因此，臺中一中的張宇靖和楊士模老師用容易取得的乾冰來降溫，台北的及人高中羅克義老師與學生，也成功地使用半導體材料的制冷片把雲霧室的溫度降下來。目前這一類型的雲霧室，在國內已經技術成熟了，雲霧室的製作簡便到每一個中學老師或學生只要花一點時間準備，都可動手完成，且看到宇宙射線的成功率非常的高。現在，我們不但持續在推廣雲霧室的製作與使用，也正在合力發展這項技術，希望能成為最佳的教學工具。

每當看到一條一條的宇宙射線不斷地在雲霧室內出現時，每一位來觀察的同學都感到非常地驚奇與興奮，藉由觀察宇宙射線的軌跡，使教科書上冰冷的名詞轉變成為體會科學的感動經驗，能夠激起中學生對於(粒子)物理學的無限想像空間。

參考資料

1. Alexander Langsdorf, Jr. "A Continuously Sensitive Diffusion Cloud Chamber", Review of Scientific Instruments, March 1939, Volume 10, Issue 3, pp.91-103。

2. 德國的教學儀器廠PHYWE(<http://www.phywe.de>)製作的擴散式雲霧室，是適合博物館展示用的大型雲霧室。

3. 楊士模、張宇靖、蕭先雄、陳秋民，"自製雲霧室觀察宇宙射線"，物理雙月刊 28卷6期(2006年12月) P.978。

4. 羅克義、莊國良、許績亨、彭禹庭、薛昌易，"利用熱電致冷晶片改良宇宙線觀測雲霧室之冷卻裝置"，95年度教育部中部辦公室推動高級中學研發人才補助計畫成果報告。

蕭先雄：東吳大學物理系系主任。
陳秋民：東吳大學物理系副教授。